

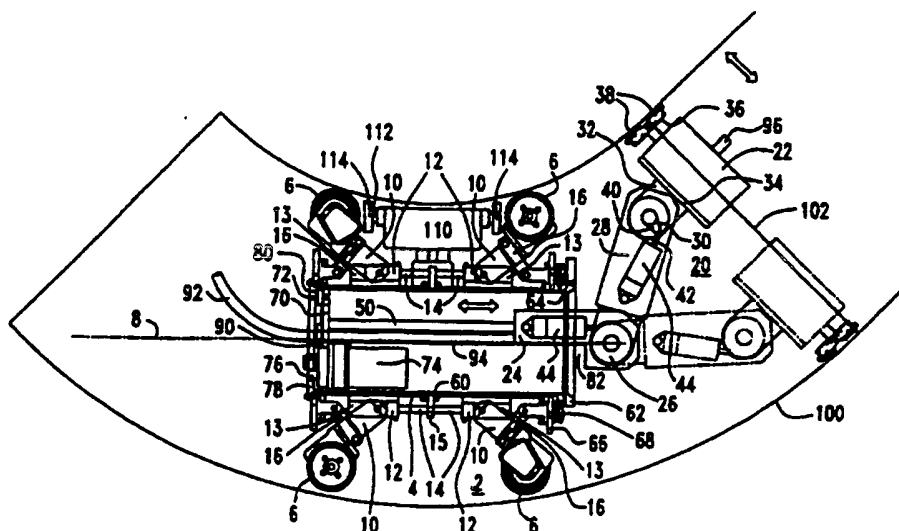
**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>F16L 55/26, 55/28</b></p>	<b>A2</b>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 97/14910</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>24. April 1997 (24.04.97)</b></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE96/01903</b></p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: <b>2. Oktober 1996 (02.10.96)</b></p> <p>(30) Prioritätsdaten: 195 38 443.1      16. Oktober 1995 (16.10.95)      DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</b></p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>DIPPEL, Bruno [DE/DE]; Meisenweg 3, D-91099 Poxdorf (DE). STROBEL, Reinhardt [DE/DE]; Bertolt-Brecht-Strasse 74, D-90471 Nürnberg (DE). DIRAUF, Franz [DE/DE]; Bamberger Strasse 20, D-96250 Ebensfeld (DE).</b></p>		
<p>(81) Bestimmungsstaaten: <b>JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p>Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></p>		

(54) Title: **INNER MANIPULATOR FOR TESTING OR PROCESSING THE INNER SURFACE OF A PIPE**

(54) Bezeichnung: **ROHRINNENMANIPULATOR ZUM PRÜFEN ODER BEARBEITEN DER INNEN-OBERFLÄCHE EINES ROHRES**



**(57) Abstract**

An inner manipulator for pipes has a running gear (2) which can travel inside a pipe (100) and is arranged on a multiple-membered swivelling arm (20) which carries at its free end a system carrier (22) for carrying a testing system or a working device.

**(57) Zusammenfassung**

Ein Rohrinnenmanipulator umfaßt gemäß der Erfindung ein innerhalb eines Rohres (100) fahrbares Fahrgestell (2) an dem ein mehrgliedriger Schwenkarm (20) angeordnet ist, der an seinem freien Ende einen Systemträger (22) für ein Prüfsystem oder eine

2-3

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

## Beschreibung

Rohrinnenmanipulator zum Prüfen oder Bearbeiten der Innenoberfläche eines Rohres.

5

Die Erfindung bezieht sich auf einen Rohrinnenmanipulator zum Prüfen oder Bearbeiten der Innenoberfläche eines Rohres.

10 Rohrleitungen in sicherheitstechnisch relevanten Anlagenteilen, beispielsweise im Primärkreis eines Kernkraftwerkes, müssen regelmäßigen Prüf- oder Wartungsarbeiten unterzogen werden. Insbesondere ist eine regelmäßige Innenprüfung der Schweißnähte solcher Rohrleitungen erforderlich. Die zum Prüfen oder Bearbeiten notwendigen Geräte werden dabei in der  
15 Regel von selbstfahrenden Fahrzeugen in Prüf- bzw. Arbeitsposition gebracht.

Ein solcher selbstfahrender Rohrinnenmanipulator ist beispielsweise aus der deutschen Patentschrift 34 12 519 C2 bekannt. Bei dem dort offenbarten Rohrinnenmanipulator ist zwischen zwei Stützflanschen ein radial verstellbarer Prüfsystemträger angeordnet, der um die Längsachse des Rohrinnenmanipulators gedreht werden kann und auf diese Weise eine Prüfung der Innenoberfläche des Rohres auf dem gesamten Umfang ermöglicht. Da der Prüfsystemträger in der Mitte des Fahrgestells zwischen einem hinteren und einem vorderen Stützflansch des Fahrzeuges angeordnet ist, können Schweißnähte, die im Mündungsbereich des Rohres in einen größeren Behälter liegen, nicht mehr geprüft werden.

30

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 38 03 274 A1 ist eine Vorrichtung zur Fernsehuntersuchung von Rohrleitungen bekannt, bei der auf einem in dieser Rohrleitung verfahrbaren Wagen ein Träger für eine Fernsehkamera um die Längsachse des Wagens drehbar gelagert ist. Auf diesem Träger sind um eine zu dieser Längsachse senkrechte Achse schwenkbar Führungsmittel für eine verschiebbare Welle angeordnet, die an ihrem

35

freien Ende die Fernsehkamera trägt. Auch mit dieser Vorrichtung können Schweißnähte, die im Mündungsbereich des Rohres in einem größeren Behälter liegen, nicht mehr abgefahren werden, da die Schwenkachse des Führungsmittels mittig zwischen den Achsen der Laufräder angeordnet ist.

Aus der europäischen Patentschrift 0 204 694 ist ein Rohrin-  
nenmanipulator bekannt, bei dem eine Bearbeitungsvorrichtung  
in einem Drehbügel gelagert ist, der an einem an der Stirn-  
seite des Fahrzeugs drehbar angeordneten Lager mit L-förmigem  
Querschnitt angebracht ist. Mit einem solchen bekannten Roh-  
rinnenmanipulator können zwar von dem im Rohr positionierten  
Fahrzeug Prüf- oder Bearbeitungspositionen im Mündungsbereich  
des Rohres erreicht werden, jedoch ist dieser bekannte Rohr-  
innenmanipulator für Schweißnähte mit komplizierteren Geome-  
trien oder für Schweißnähte im Krümmungsbereich eines Rohres  
nicht oder nur bedingt geeignet.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 42 43 529 A1 ist ein  
Rohrinnenmanipulator bekannt, an dem stirnseitig ein axial  
verstellbarer Ausleger angeordnet ist, an dessen freiem Ende  
eine Arbeitskonsole für ein Bearbeitungsgerät angeordnet ist.  
Diese Arbeitskonsole ist über zwei schwenkbare Führungsstan-  
gen quer zur Längsrichtung des Rohrinnenmanipulators ver-  
stellbar. Dieser bekannte Rohrinnenmanipulator hat eine rela-  
tiv lange Bauform, so daß mit ihm enge Rohrkrümmungen nicht  
mehr durchfahren werden können.

Bei dem aus dem deutschen Gebrauchsmuster DE 295 07 250 U1  
bekannten Manipulator zum Innenbearbeiten von Rohren ist eine  
Bearbeitungsvorrichtung an einem Drehkopf angeordnet, der  
stirnseitig an einem rohrförmigen Innengehäuse angeordnet  
ist, das axial gegenüber einem das Innengehäuse aufnehmenden  
Außengehäuse verschiebbar ist, so daß es aus diesem ausfahr-  
bar oder in dieses einfahrbar ist. Durch diese Vorrichtung  
wird zwar die Reichweite der Bearbeitungsvorrichtung bei fi-  
xiertem Rohrinnenmanipulator erhöht, jedoch ist auch in die-

sem Fall eine Bearbeitung oder Prüfung von Schweißnähten mit komplizierten Geometrien oder Schweißnähten im Krümmungsbereich eines Rohres nicht oder nur bedingt möglich.

- 5 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen Rohrin-  
nenmanipulator zum Prüfen oder Bearbeiten der Innenoberfläche  
eines Rohres anzugeben, der auch zum Einsatz im Mündungs-  
oder Krümmungsbereich von Rohren geeignet ist.
- 10 Die genannte Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Pa-  
tentanspruches 1. Bei dem Rohrinnenmanipulator gemäß der Er-  
findung ist an einem innerhalb des Rohres fahrbaren Fahrge-  
stell ein mehrgliedriger und stirnseitig am Fahrgestell posi-  
tionierbarer Schwenkarm angeordnet, der an seinem freien Ende  
15 einen Systemträger für ein Prüfsystem oder eine Arbeitsvor-  
richtung trägt. Durch die Verwendung eines stirnseitig am  
Fahrgestell positionierbaren Schwenkarmes, können bei im Rohr  
fixierter Einrichtung auch Prüfpositionen im Mündungsbereich  
des Rohres erreicht werden. Da außerdem durch die Verwendung  
20 eines mehrrgliedrigen Schwenkarmes die Zahl der Freiheitsgra-  
de des Prüf- oder Bearbeitungskopfes gegenüber den bekannten  
Rohrinnenmanipulatoren erhöht ist, können auch kompliziertere  
Prüf- oder Bearbeitungsbahnen abgefahren werden, ohne daß  
hierzu eine Fahrbewegung des Rohrinnenmanipulators erforder-  
25 lich ist. Dadurch ist die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit  
der Prüf- oder Bearbeitungsbahn erhöht.

Vorzugsweise ist zum Schwenken eines Gliedes des Schwenkarmes  
ein Linearantrieb vorgesehen. Dies hat den Vorteil, daß für  
30 das Schwenken des Schwenkarms ein hohes Drehmoment bei zu-  
gleich genauer Positionierbarkeit des Schwenkarms zur Verfü-  
gung steht.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist  
35 zum Umwandeln einer vom Linearantrieb verursachten Schubbeweg-  
ung in eine Schwenkbewegung eine Schubstange und ein Kurbel-  
trieb vorgesehen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist zum Umwandeln eine vom Linearantrieb verursachte Schubbewegung in eine Schwenkbewegung eine Zahnstange und ein Zahnrad vorgesehen.

5

Insbesondere ist der Linearantrieb schwenkbar um eine zur Drehachse des nachgeordneten Gliedes parallele Achse gelagert.

- 10 In einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die Glieder des Schwenkarmes durch Drehgelenke miteinander verbunden, deren Drehachsen vorzugsweise zueinander parallel sind.

- 15 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Schwenkarm am Fahrgestell um eine zu einer Längsachse des Fahrgestells parallele Drehachse gelagert.

- Insbesondere ist der Schwenkarm parallel zur Längsachse des Fahrgestells verschiebbar und wenigstens teilweise in einen  
20 Innenraum des Fahrgestells einfahrbar. Durch diese Maßnahme wird die Baulänge des Rohrrinnenmanipulators verkürzt und es können auch Rohre mit kleinem Krümmungsradius befahren werden. In einer bevorzugten Ausgestaltung umfaßt hierzu der Schwenkarm ein Basisglied, das drehfest auf einer drehbar im  
25 Fahrgestell und parallel zur Längsachse angeordneten Gewindespindel gelagert ist.

- Insbesondere ist die Gewindespindel in einer drehbar im Fahrgestell gelagerten Hohlwelle angeordnet, die zugleich den Innenraum zur Aufnahme des Schwenkarmes bildet.  
30

- In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist der Linearantrieb mit einer ferngesteuert lösbaren Arretierung gegen eine lineare Verschiebung gesichert. Dadurch kann auch  
35 bei Versagen des Linearbetriebs das von ihm angetriebene Glied zurückgeschwenkt und ein Bergen des Rohrrinnenmanipulators ermöglicht werden.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnung verwiesen, in deren

- FIG 1 ein Rohrrinnenmanipulator gemäß der Erfindung in Prüfposition im Krümmungsbereich eines Rohres in einem Längsschnitt schematisch veranschaulicht ist. In FIG 2 und 3 ist ein Rohrrinnenmanipulator gemäß der Erfindung in unterschiedlichen Fahrpositionen in einem Rohr jeweils in einer Draufsicht parallel zur Fahrtrichtung schematisch veranschaulicht.
- FIG 4 und 5 zeigen vorteilhafte Ausgestaltungen eines Schwenkarmes gemäß der Erfindung jeweils in einem vergrößerten Ausschnitt. In FIG 6 ist eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung eines Rohrrinnenmanipulators gemäß der Erfindung in einer Seitenansicht veranschaulicht. Anhand FIG 7 wird das Einbringen eines Rohrrinnenmanipulators gemäß der Erfindung in eine Rohrleitung des Primärkreises eines Kernkraftwerkes veranschaulicht.

Entsprechend FIG 1 umfaßt ein Rohrrinnenmanipulator gemäß der Erfindung ein Fahrgestell 2 mit einem rohrförmigen Grundkörper 4, an dessen Umfang mehrere beispielsweise sechs oder acht Rollen 6 radial ausstellbar gelagert sind. Die Rollen 6 spannen zwei voneinander beabstandete und senkrecht zu einer Längsachse 8 des Fahrgestells 2 liegende Ebenen auf. Jede Rolle 6 ist in einem Arm 10 gelagert, der jeweils gelenkig mit einem den Grundkörper 4 verschiebbar umgebenden Ring 12 verbunden ist, wobei den Rollen 6 einer Ebene ein solcher Ring 12 zugeordnet ist. An jedem Ring 12 sind jeweils mehrere hydraulische Hubzylinder 13 fixiert, deren parallel zur Längsachse 8 verschiebbar gelagerte Kolbenstangen 14 sich mit ihren freien Enden in einem am Grundkörper 4 befestigten Stützring 15 abstützen, so daß die Ringe 12 durch eine Hubbewegung der Kolbenstangen 14 parallel zur Längsachse 8 auf dem Grundkörper 4 verschoben werden können. Jeder Arm 10 bildet gemeinsam mit einem schwenkbar am Grundkörper 4 gelagerten

Hebel 16 ein Scheitelgelenk, das die Verschiebung des Rings 12 in eine Radialbewegung der Rollen 6 umwandelt, wobei die an einem Ring 12 angeordneten Rollen 6 einer Ebene gemeinsam und somit zentrisch ausgestellt werden.

5

Am Fahrgestell 2 ist ein Schwenkarm 20 gelagert, der an seinem freien Ende einen Systemträger 22 aufnimmt. Der Schwenkarm 20 umfaßt ein Basisglied 24, das am Fahrgestell 2 bezüglich einer quer zur Längsachse 8 des Fahrgestells 2 verlaufenden Achse drehfixiert angeordnet ist. Am Basisglied 24 ist schwenkbar in einem ersten Drehgelenk 26 ein schwenkbares Zwischenglied 28 angeordnet. Dieses Zwischenglied 28 nimmt an seinem vom ersten Drehgelenk 26 abgewandten Ende in einem zweiten Drehgelenk 30 ein schwenkbares Endglied 32 auf, an dem eine Montageplatte 34 für den Systemträger 22 befestigt ist. Die Drehachsen des ersten und zweiten Drehgelenks 26 und 30 sind zueinander parallel und zur Längsachse 8 senkrecht angeordnet.

Der Systemträger 22 umfaßt im Ausführungsbeispiel eine hydraulisch quer zur Drehachse des zweiten Drehgelenks 30 verschiebbare Prüfkopfhalterung 36, in der mehrere Prüfköpfe 38, beispielsweise Ultraschallprüfköpfe oder Wirbelstromprüfköpfe, federnd gelagert sind.

25

Die Gelenkwellen des ersten und zweiten Drehgelenks 26 bzw. 30 sind in der bevorzugten Ausgestaltung gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figur jeweils mit einer Kurbel 40 versehen, die in der Figur in der aufgebrochenen Darstellung des zweiten Drehgelenks 30 sichtbar ist. Jede Kurbel 40 ist gelenkig mit einer Schubstange 42 eines Linearantriebs 44 verbunden. Der Linearantrieb 44 ist jeweils schwenkbar am Basisglied 24 bzw. am Zwischenglied 28 gelagert. Diese schwenkbare Lagerung ist zum Ausgleich der Kreisbewegung der Kurbel 40 erforderlich. Als Antriebe für die schwenkbaren Glieder 28, 32 des Schwenkarms 20 sind prinzipiell hydraulische oder elektrische Linear- oder Drehantriebe geeignet. Vorzugsweise ist die Ver-



wendung eines elektrischen Linearantriebes vorgesehen, bei dem eine Drehbewegung über eine Spindelmutter in eine Längsbewegung einer die Schubstange 42 bildenden Spindel übertragen wird. Insbesondere von Vorteil ist ein sogenannter Rollengewindeantrieb, wie er beispielsweise unter der Produktbezeichnung "Künstlicher Muskel" bei der Firma Wittenstein Motion Control GmbH, DE, bezogen werden kann, und bei dem mit Hilfe einer Planeten-Wälz-Gewindespindel-Anordnung eine schnelle Rotationsbewegung in eine langsame Linearbewegung umgewandelt werden kann. Ein solcher Antrieb ermöglicht bei kleinen Abmessungen hohe Stellkräfte und ermöglicht ein präzises Positionieren des Schwenkarms 20.

Das Basisglied 24 wird von einer Gewindespindel 50 aufgenommen, die drehbar im Innern des Fahrgestells 2 in einer Hohlwelle 60 gelagert ist. Die Gewindespindel 50 ist parallel zur Längsachse 8 angeordnet und von dieser beabstandet. Dies ist erforderlich, um den in Ausgangsposition entlang der Längsachse 8 des Fahrgestells 2 ausgerichteten Schwenkarm 20 in den durch die Hohlwelle 60 gebildeten Innenraum des Fahrgestells 2 ohne Behinderung durch die Gewindespindel 50 einfahren zu können.

Die Hohlwelle 60 ist drehbar im schalenförmigen Grundkörper 4 des Fahrgestells 2 gelagert. An seiner dem Schwenkarm 20 zugewandten Stirnfläche weist die Hohlwelle 60 einen Ringflansch 62 auf, an dem ein Führungsring 64 fixiert ist. Dieser Führungsring 64 ist in mehreren an einem Ringflansch 66 des Grundkörpers 4 angeordneten Führungsrollen 68 geführt und durch eine V-förmige Nut in den Führungsrollen 68 gegen axiales Verrutschen gesichert.

An ihrem dem Schwenkarm 20 gegenüberliegenden Ende ist an der Hohlwelle 60 eine Abschlußplatte 70 angeordnet, die mit Flachrollen 72 versehen ist, die sich am Innenumfang des über die Hohlwelle 60 überstehenden Grundkörpers 4 abrollen. In dieser Abschlußplatte 70 ist ein Antrieb 74 zum Drehen der

Hohlwelle 60 gelagert. Der Antrieb 74 greift mit einem Ritzel 76 in die Innenverzahnung eines an der Stirnfläche des Grundkörpers 4 befestigten Hohlkranzes 78 ein. Der Hohlkranz 78 weist einen zylindrischen Fortsatz 80 auf, der die Lauffläche für die Flachrollen 72 bildet. Der Antrieb 74, vorzugsweise ein elektrischer Antrieb, ist starr in der Hohlwelle 60 angeordnet und bewirkt eine Drehbewegung zwischen dem Grundkörper 4 und der Hohlwelle 60. Diese Drehbewegung überträgt sich auf das drehfixiert in der Hohlwelle gelagerte Basisglied 24 und bewirkt eine Drehbewegung des gesamten Schwenkarmes 20 um die Längsachse 8 des Fahrgestells 2.

Das erste Drehgelenk 26 ist am Basisglied 24 derart angeordnet, daß seine Drehachse von der Längsachse 8 des Fahrgestells 2 geschnitten wird. Dies hat den Vorteil, daß in geraden Rohrabschnitten beim Prüfen oder Bearbeiten einer ringförmigen Schweißnaht eine zusätzliche Korrektur der Bahn durch ein Betätigen der Linearantriebe 44 des Schwenkarms 20 nicht oder nur bei einer Ovalität des Rohres erforderlich ist.

Durch die seitlich versetzte Anordnung der Gewindespindel 50 relativ zur Längsachse 8 ist es möglich, den Schwenkarm 20 ohne Behinderung durch die Gewindespindel 50 vollständig in das Innere der Hohlwelle 60 zurückzufahren. Eine Aussparung 82 im Basisglied 24 nimmt im zurückgefahrenen Zustand den Antrieb 74 für die Drehbewegung der Hohlwelle 60 auf. Der Schwenkarm 20 läßt sich im Ausführungsbeispiel vollständig in das Innere der Hohlwelle 60 zurückfahren, so daß nur noch der Systemträger 22 über die Hohlwelle 60 und somit über das Fahrgestell 2 hinausragt. In weiteren Ausführungsformen kann durch geeignete Auslegung des Systemträgers auch ein komplettes Einfahren in das Innere des Fahrgestells ermöglicht werden.

An der vom Schwenkarm 20 abgewandten Abschlußplatte 70 des Grundkörpers ist im Ausführungsbeispiel der Figur ein An-

schluß 90 für einen externen Transportschlauch 92 vorgesehen, mit dem dieser an einen internen Transportschlauch 94 gekoppelt ist. Dieser führt durch das Innere der Hohlwelle 60 zum Schwenkarm 20 und endet mit seinem freien Ende 96 in Fahr-  
5 richtung gesehen vor dem Systemträger 22. Das am Systemträger 22 fixierte freie Ende 96 des internen Transportschlauches 94 ist zur Aufnahme eines Gammastrahlers vorgesehen, mit dem die Innenoberfläche des Rohres bestrahlt werden kann. Mit in der Figur nicht dargestellten Detektoren können dann die durch  
10 die Rohrwand hindurchtretenden Gammastrahlen zur Messung der Wanddicke erfaßt werden. Der Gammastrahler selbst wird dabei erst unmittelbar vor Beginn der Messungen fernbedient von außen aus einem Abschirmbehälter durch den Transportschlauch 92, 94 zum freien Ende 96 befördert und mit dem Schwenkarm 20  
15 in Meßposition gebracht.

In der Figur ist eine Prüfposition im Bereich einer Krümmung eines Rohres 100 veranschaulicht. Die gestrichelt eingezeichnete Position des Systemträgers wird durch eine Drehbewegung  
20 der Hohlwelle 60 um 180° erreicht, die mit einer Schwenkbewegung des Zwischengliedes 28 und des Endgliedes 32 verknüpft ist. In der Figur ist außerdem zu erkennen, daß in der gestrichelt eingezeichneten Auslenkung des Schwenkarmes 22 der Abstand der Prüfköpfe 38 von einer die Mittellinie einer  
25 Schweißnaht darstellenden Umfangslinie 102 anders ist als in der durchgezogenen eingezeichneten Position des Schwenkarmes. Durch eine koordinierte Bewegung des Zwischenglieds 28, des Endglieds 32 und eine entsprechend angepaßte lineare Verschiebung des Basisgliedes 24 in der Hohlwelle 60 ist es mög-  
30 lich, eine Schweißnaht auf ihrem gesamten Innumfang und auf ihrer gesamten Breite vollständig abzufahren.

In der Figur ist außerdem in Draufsicht ein mittig am Grundkörper 4 angeordnetes Lagergestell 110 zu erkennen, in dem  
35 eine parallel zur Längsachse 8 verlaufende Welle 112 gelagert ist, die an ihren Enden jeweils ein Laufrad 114 aufnimmt. Am Umfang des Grundkörpers 4 können beispielsweise drei solcher

Lagergestelle 110 angeordnet werden. Diese Lagergestelle 110 können radial ausgestellt werden, so daß im geraden Bereich eines Rohres die Laufräder 114 am Innenumfang anliegen. Werden bei anliegenden Laufrädern 114 die Rollen 6 an den Grundkörper 4 herangeschwenkt, so kann bei Antreiben eines der Laufräder 114 der Rohrrinnenmanipulator um die Rohrachse gedreht werden, so daß die Rollen 6 beliebig am Umfang positionierbar sind. Die ausstellbaren Lagergestelle 100 bilden somit gemeinsam mit den Laufrädern 114 eine Dreheinrichtung zur Einstellung der Spurlage der Rollen 6.

Dies ist notwendig um Hindernisse umfahren zu können, wie sie in FIG 2 und 3 in Form von Stegen 116, Rohrabzweigungen 118 sowie Inneneinbauten 120, die in Fahrrichtung versetzt zueinander angeordnet sein können, auftreten. In diesen Figuren ist dies anhand eines Rohrrinnenmanipulators veranschaulicht, der ein Fahrgestell mit sechs Rollen aufweist, von denen in der Draufsicht nur drei sichtbar sind, wobei die Dreheinrichtung zur Spurlageneinstellung in der Draufsicht gemäß der Figur durch die Rollen 6 und die Rollenlagerung verdeckt ist.

Gemäß FIG 4 ist der elektrische Linearantrieb 44 schwenkbar auf einem Schlitten 122 gelagert, der auf zwei Führungsstangen 124, von denen in der Draufsicht auf das geöffnete Basisglied 24 nur eine sichtbar ist, in einer vorgegebenen Position arretierbar ist. Eine der Führungsstangen 124 weist hierzu eine Quernut auf, in die gegen eine Federkraft ein Paßstück 125 durch einen Bolzen 126 verspannt ist. Am Schlitten 122 ist eine Notauslösevorrichtung 128 mit einem Meisel angeordnet, der im Falle eines Blockierens des Antriebes 44 ferngesteuert, beispielsweise durch Zündung einer Explosion, ausgelöst wird und den Bolzen 126 durchschlägt, so daß das Paßstück 125 durch die Federkraft aus der Quernut herausgedrückt wird und der Schlitten 122 frei auf den Führungsstangen 124, beispielsweise durch ein von außen betätigtes Zugseil, verschoben werden kann. Dies ermöglicht ein Bergen des

gesamten Fahrzeugs auch bei Versagen des elektrischen Antriebs.

Eine weitere Ausgestaltung eines Schwenkarmes 20 ist in **FIG 5** zu erkennen, bei der ein elektrischer Linearantrieb 44 mit einer Zahnstange 128 vorgesehen ist, die in ein drehfest mit dem benachbarten Glied fixiertes Zahnrad 130 eingreift. In dieser Ausführungsform ist eine schwenkbare Lagerung des Antriebes 44 nicht erforderlich.

Im Ausführungsbeispiel gemäß **FIG 6** ist ein Rohrrinnenmanipulator dargestellt, dessen Schwenkarm 200 zwei schwenkbare Zwischenglieder 282 und 284 sowie ein schwenkbares Endglied 320 enthält, so daß die Anzahl der Freiheitsgrade gegenüber der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform von fünf auf sechs erhöht ist. Auch bei dieser Ausführungsform läßt sich der Schwenkarm 200 vollständig in das Innere des Fahrgestells zurückfahren.

Durch die Möglichkeit, den Schwenkarm in das Innere des Fahrgestells einzufahren, ist das Einführen der gesamten Einrichtung in schwer erreichbare Rohrleitungen erleichtert. Dies ist in **FIG 7** anhand einer Rohrleitung 140 im Primärkreis eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor veranschaulicht.

Die in der Figur dargestellte Rohrleitung 140 führt von einem Stutzen 142 in einer Kalotte eines Dampferzeugers 144 zu einer in der Zeichnung nicht dargestellten Pumpe und ist nur über ein relativ enges Mannloch 146 des Dampferzeugers 144 zu erreichen. Der Rohrrinnenmanipulator wird bei zurückgefahrenem Schwenkarm 200 und eingeklappten Rollen 6 in einen rohrförmigen Hohlkörper 150 eingebracht und gemeinsam mit dem Hohlkörper 150 mit Hilfe eines durch das Mannloch 146 hindurchragenden Galgens 152 über dem Stutzen 142 positioniert. Der Hohlkörper 150 ist hierzu mit einem schalenförmigen Tragrahmen 154 versehen, der in einem Schwenklager 156 am Galgen 152 um eine senkrecht zum Galgen 152 verlaufende Drehachse schwenkbar gelagert ist. Diese Schwenkbewegung wird mit einem Hy-

draulikzylinder 158 durchgeführt, der zwischen dem Hohlkörper 150 und dem Galgen 152 gelagert ist.

Der Galgen 152 ist auf einem außerhalb des Dampferzeugers 144 positionierbaren Traggestell 160 montiert und wird so ausgerichtet, daß die Drehachse seines Schwenklagers 156 senkrecht zu der von den Mittenachsen des Stutzens 142 und des Mannlochs 146 aufgespannten Ebene orientiert ist. Durch eine Linearverschiebung des Galgens 152, die in der Figur durch einen Pfeil 162 veranschaulicht ist, wird das Schwenklager 156 annähernd auf der Winkelhalbierenden zwischen diesen Mittenachsen positioniert, so daß eine einfache, durch einen Pfeil 164 angedeutete Schwenkbewegung eine hinreichend exakte, koaxial zur Mittenachse des Stutzens 142 ausgerichtete Positionierung des Hohlkörpers 150 ermöglicht.

Am Tragrahmen 154 ist außerdem eine Umlenkrolle 166 für die zur Versorgung des Rohrrinnenmanipulators erforderlichen Kabel sowie für ein Bergeseil angeordnet, mit dem der Rohrrinnenmanipulator im Versagensfall aus der Rohrleitung geborgen werden kann.

In der Figur ist der Rohrrinnenmanipulator in verschiedenen Arbeitspositionen dargestellt. Dabei ist zu erkennen, daß der Hohlkörper 150 nicht nur die Funktion erfüllt, den Rohrrinnenmanipulator an die zum Einführen in die Rohrleitung 140 geeignete Stelle zu positionieren, sondern darüber hinaus auch noch ermöglicht, daß mit Hilfe des Rohrrinnenmanipulators unmittelbar am Anfang der Rohrleitung positionierte Schweißnähte, im Beispielsfall Schweißnähte 168, 169 am Stutzen 142 des Dampferzeugers 144, geprüft werden können, ohne daß der Rohrrinnenmanipulator nach Prüfen der tiefer in der Rohrleitung 140 gelegenen Schweißnähte nochmals in umgekehrter Richtung in die Rohrleitung 140 eingeführt werden muß. Nach Ausfahren des Gelenkarms 200 kann der Rohrrinnenmanipulator bereits mit der Prüfung beginnen, wenn sich das Fahrgestell noch vollständig oder wie explizit in der Figur dargestellt

noch teilweise innerhalb des Hohlkörpers 150 befindet. Dies ermöglicht eine Prüfung aller Schweißnähte der Rohrleitung 140, ohne daß hierzu ein Umsetzen des Rohrrinnenmanipulators erforderlich ist.

## Patentansprüche

1. Rohrrinnenmanipulator zum Prüfen oder Bearbeiten der Innenoberfläche eines Rohres (10a), bei dem an einem innerhalb  
5 des Rohres (100) fahrbaren Fahrgestell (2) ein mehrgliedriger und stirnseitig am Fahrgestell (2) positionierbarer Schwenkarm (20; 200) angeordnet ist, der an seinem freien Ende einen Systemträger (22) für ein Prüfsystem oder eine Arbeitsvorrichtung trägt.
- 10 2. Rohrrinnenmanipulator nach Anspruch 1, bei dem zum Schwenken eines Gliedes (28, 32; 282, 284, 320) des Schwenkarmes (20; 200) ein Linearantrieb (44) vorgesehen ist.
- 15 3. Rohrrinnenmanipulator nach Anspruch 2, bei dem zum Umwandeln einer vom Linearantrieb (44) verursachten Schubbewegung in eine Schwenkbewegung eine Schubstange (42) und ein Kurbeltrieb (40) vorgesehen sind.
- 20 4. Rohrrinnenmanipulator nach Anspruch 2, bei dem zum Umwandeln einer vom Linearantrieb (44) verursachten Schubbewegung in eine Schwenkbewegung eine Zahnstange (128) und ein Zahnrad (130) vorgesehen sind.
- 25 5. Rohrrinnenmanipulator nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem der Linearantrieb (44) schwenkbar um eine zur Drehachse des nachgeordneten Gliedes (28, 32; 282, 284, 320) parallele Achse gelagert ist.
- 30 6. Rohrrinnenmanipulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Glieder (24, 28, 32; 24, 282, 284, 320) des Schwenkarmes (20; 200) durch Drehgelenke (26, 30) miteinander verbunden sind, deren Drehachsen zueinander parallel sind.
- 35 7. Rohrrinnenmanipulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schwenkarm (20, 200) am Fahrgestell (2)



drehbar um eine zu einer Längsachse (8) des Fahrgestells (2) parallele Drehachse gelagert ist.

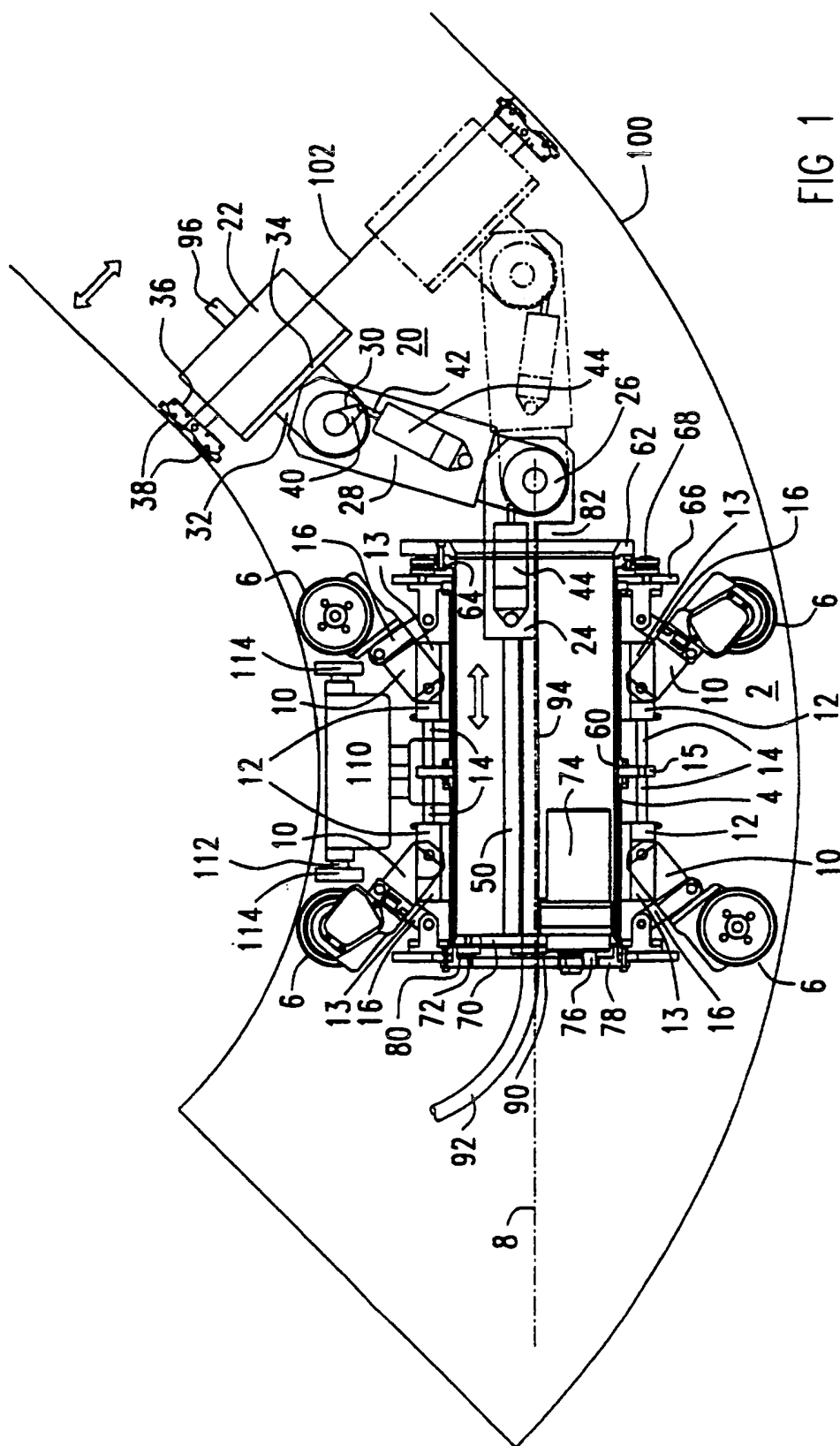
5 8. Rohrrinnenmanipulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schwenkarm (20; 200) parallel zur Längsachse (8) des Fahrgestells (2) verschiebbar und wenigstens teilweise in einen Innenraum des Fahrgestells (2) einfahrbar ist.

10 9. Rohrrinnenmanipulator nach Anspruch 8, bei dem der Schwenkarm (20; 200) ein Basisglied (24) umfaßt, das drehfest auf einer drehbar im Fahrgestell (2) und parallel zur Längsachse (8) angeordneten Gewindespindel (50) gelagert ist.

15 10. Rohrrinnenmanipulator nach Anspruch 9, bei dem die Gewindespindel (50) in einer drehbar im Fahrgestell (2) gelagerten Hohlwelle (60) angeordnet ist, die den Innenraum zur Aufnahme des Schwenkarmes (20, 200) bildet.

20 11. Rohrrinnenmanipulator nach einem der Ansprüche 2 bis 10, bei dem der Linearantrieb (44) mit einer ferngesteuert lösba- ren Arretierung gegen eine lineare Verschiebung gesichert ist.

1/6



**FIG 1**

2/6

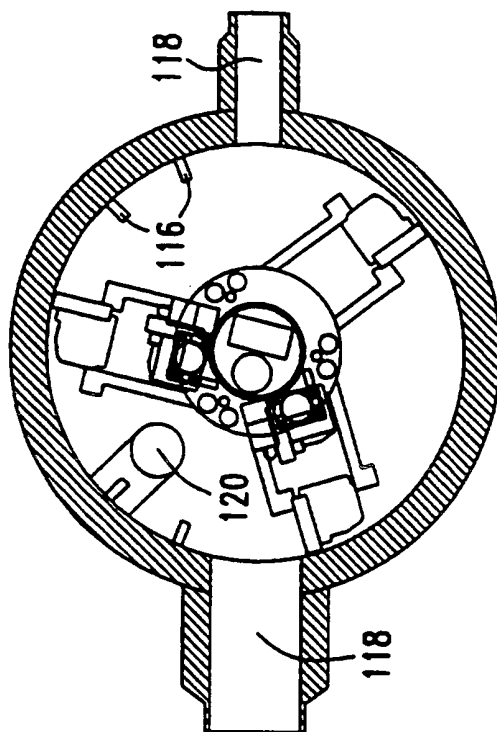


FIG 3

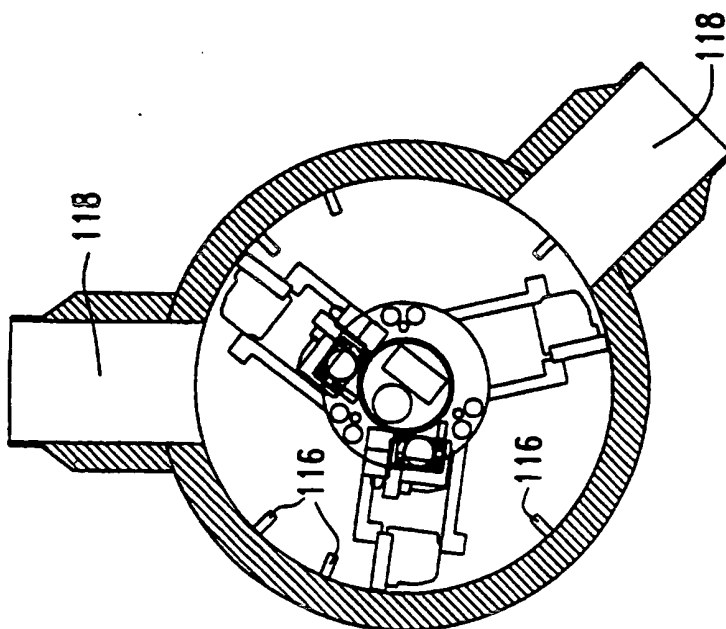
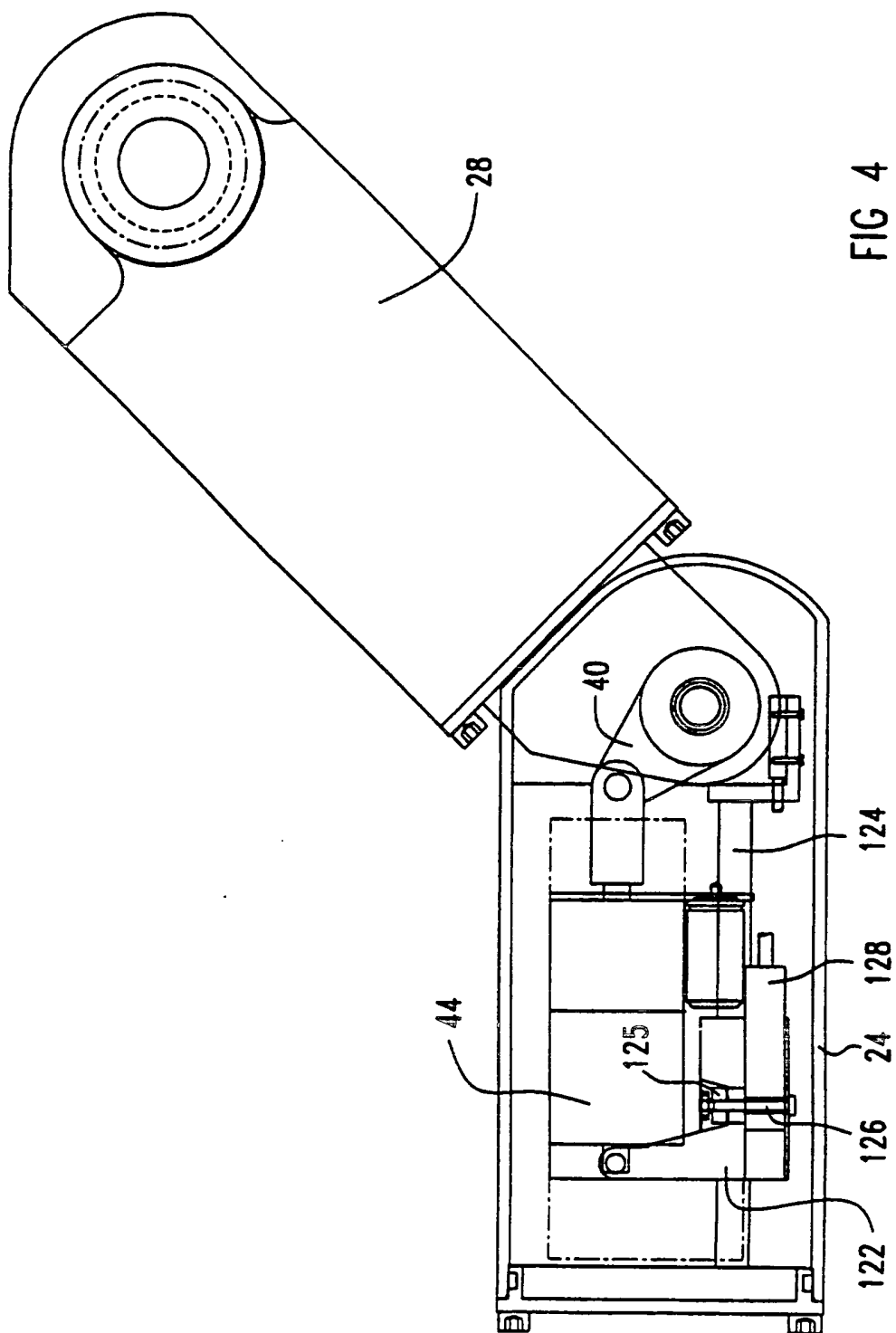
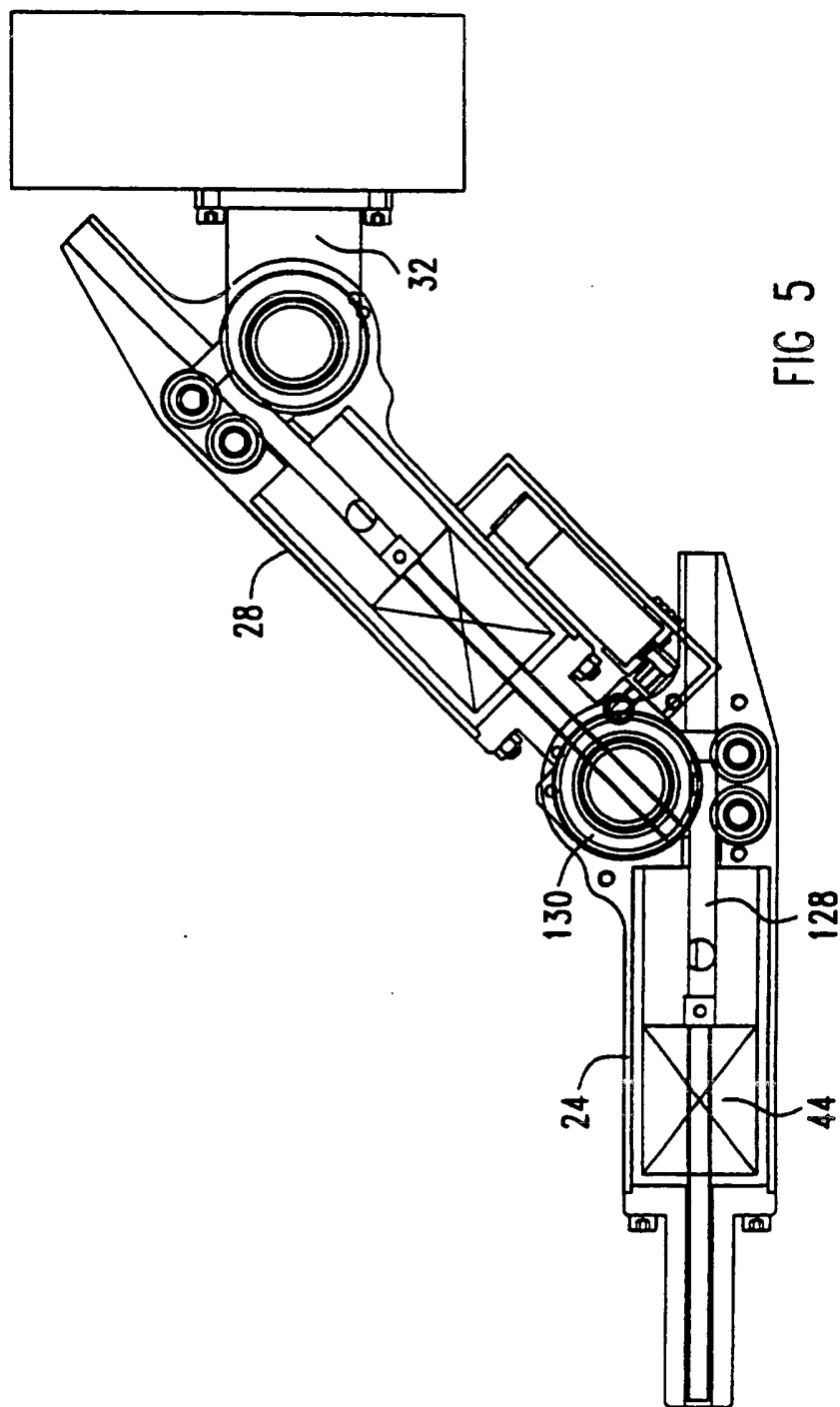


FIG 2

3/6



4/6



5/6

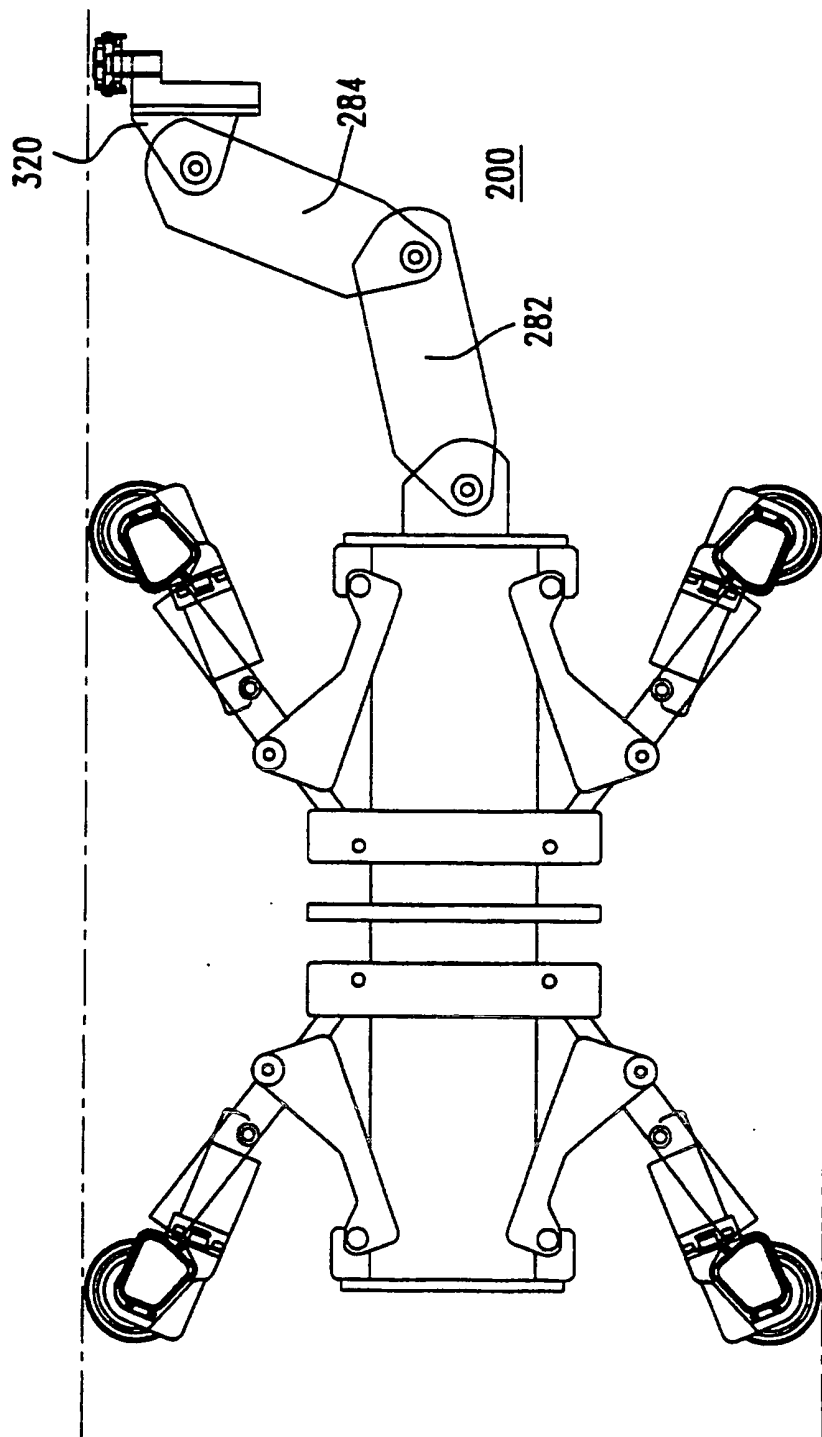


FIG 6

6/6

